

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-297481

(43)Date of publication of application : 10.11.1995

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

(21)Application number : 06-089854

(71)Applicant : SANYO ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 27.04.1994

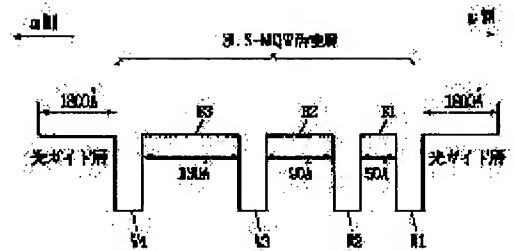
(72)Inventor : HIROYAMA RYOJI
SHONO MASAYUKI
HONDA MASAHARU
IKEGAMI TAKATOSHI
GOTOU TAKENORI
IBARAKI AKIRA
YOSHITOSHI KEIICHI
YAMAGUCHI TAKAO

(54) SEMICONDUCTOR LASER DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a semiconductor laser device wherein the concentration of carrier to be injected in a multiple quantum well active layer is increased without changing optical confinement coefficients.

CONSTITUTION: In an S-MGW active layer 3, a barrier layer B1 close to the P side is thinned, and a barrier layer B3 close to the N side is thickened. Thereby the concentration of holes to be injected in the S-MGW active layer 3 is increased, without changing the total thickness of the S-MGW active layer 3 and the total thickness of well layers W1, W2, W3, W4.



* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]A semiconductor laser device, wherein two or more well layer and two or more barrier layers make hole concentration of a well layer by the side of n in said active layer increase in a semiconductor laser device which has an active layer of multiple quantum well structure which it comes to laminate by turns.

[Claim 2]A semiconductor laser device setting up thickness of a barrier layer in said active layer so that concentration of a hole poured into said active layer may become high in a semiconductor laser device with which two or more well layer and two or more barrier layers have an active layer of multiple quantum well structure which it comes to laminate by turns.

[Claim 3]In a semiconductor laser device with which two or more well layer and two or more barrier layers arrange an active layer of multiple quantum well structure which it comes to laminate by turns between a n type clad layer and p form cladding layer, A semiconductor laser device forming more thinly than thickness of a barrier layer by the side of said n type clad layer thickness of a barrier layer by the side of said p form cladding layer.

[Claim 4]The semiconductor laser device according to claim 3 making it decrease and increase, respectively so that thickness of a barrier layer of a predetermined number by the side of said p form cladding layer and thickness of a barrier layer of a predetermined number by the side of a n type clad layer may be complemented mutually.

[Claim 5]The semiconductor laser device according to claim 3 having applied to a barrier layer nearest to said n type clad layer from a barrier layer nearest to said p form cladding layer, and making thickness increase gradually.

[Claim 6]The semiconductor laser device according to claim 3 which said two or more well layers consist of InGaAsP(s), and said two or more barrier layers consist of InGaAsP(s), and is characterized by a band gap of InGaAsP of said barrier layer being larger than a band gap of said well layer.

[Claim 7]The semiconductor laser device according to claim 3 which said two or more well layers consist of InP(s) (aluminum_xGa_{1-x}), and said two or more barrier layers consist of InP(s) (aluminum_yGa_{1-y}), and is characterized by being $1 > y > x > 0$.

[Claim 8]The semiconductor laser device according to claim 3 which said two or more well layers consist of aluminum_xGa_{1-x}As, and said two or more barrier layers consist of aluminum_yGa_{1-y}As, and is characterized by being $1 > y > x > 0$.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application]This invention relates to the semiconductor laser device which has an active layer of multiple quantum well structure.

[0002]

[Description of the Prior Art]These days, the semiconductor laser device which has an active layer of multiple quantum well structure (hereafter referred to as MQW) is developed for the purpose, such as reduction of oscillation threshold current, an improvement of temperature characteristics, and short wavelength formation of an oscillation wavelength. In order to reduce oscillation threshold current, the semiconductor laser device which has an active layer of distorted multiple quantum well structure (it is hereafter called S-MQW) is proposed.

[0003]Drawing 6 is an energy band figure of S-MQW active layer in the conventional InGaAsP system semiconductor laser device.

[0004]As shown in drawing 6, the four well layers W1, W2, W3, W4 and the three barrier layers B1, B-2, and B3 are laminated by turns, and S-MQW active layer 30 becomes. The band gap E_g consists of InGaAsP which is 0.76 eV, and the well layers W1-W4 have a thickness of 35 Å, respectively. These well layers W1-W4 have +1.0% of distortion to a GaAs substrate. On the other hand, the band gap E_g consists of InGaAsP which is 1.03 eV, and the barrier layers B1-B3 have a thickness of 90 Å, respectively. Thereby, the thickness of whole S-MQW active layer 30 is 410 Å. The 1800-Å-thick light guide layer is provided in the n [of this MQW active layer 30], and p side, respectively.

[0005]Drawing 7 is an energy band figure of S-MQW active layer in the conventional AlGaInP system semiconductor laser device, and a multi-quantum barrier layer (it is hereafter called an MQB layer).

[0006]As shown in drawing 7, the five well layers w1, w2, w3, w4, w5 and the four barrier layers b1, b2, b3, and b4 are laminated by turns, and S-MQW active layer 31 becomes. The well layers w1-w5 consist of GaInP(s), and have a thickness of 75 Å, respectively. These well layers w1-w5 have -0.5% of distortion to a GaAs substrate. The barrier layers b1-b4 consist of InP(s) (aluminum_{0.5}Ga_{0.5}), and have a thickness of 40 Å, respectively. Thereby, the thickness of whole S-MQW active layer 31 is 535 Å. The 500-Å-thick light guide layer is provided in the n [of S-MQW active layer 31], and p side, respectively.

[0007]The MQB layer is introduced into the p side of S-MQW active layer 31 in order to make the hetero barrier height high effectually. It comes by turns to laminate the barrier layer which consists of a well layer which MQB layer 32 turns into from ten pairs of Ga_{0.5}In_{0.5}P, and (aluminum_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]In the InGaAsP system semiconductor laser device which has multiple quantum well structure as shown in drawing 6, the barrier layer B1, B-2, and Hall mobility μ_H of B3 become small compared with the well layer W1, W2, W3, and Hall mobility

μ_H of W4. Therefore, when a hole passes a barrier layer from the p side and is poured into each well layer, the number of the holes poured into each well layer decreases as a well layer far from the p side. Thereby, the hole concentration of the well layer near the n side decreases compared with the hole concentration of the well layer near the p side.

[0009]In the AlGaInP system semiconductor laser device which has multiple quantum well structure as shown in drawing 7, Al composition x ($x=0.5$) of the barrier layer of S-MQW active layer 31 is larger than Al composition x ($x=0$) of a well layer. And Hall mobility μ_H becomes small, so that Al composition x is large.

[0010]Therefore, also in the semiconductor laser device of an AlGaInP system of drawing 7, the problem that hole concentration decreases as the well layer near the n side arises like the InGaAsP system semiconductor laser device of drawing 6.

[0011]Thus, if the hole concentration of the whole active layer decreases when the hole concentration of the well layer near the n side decreases, increase in a profit and reduction of threshold current cannot be aimed at.

[0012]Then, although making thickness of each barrier layer thin is also considered, since the thickness of the whole active layer becomes thin in such a case, an optical confinement factor (light energy shut up by the light-emitting part among all the light energies comparatively) will change. Therefore, to make the hole concentration of each well layer in an active layer increase is desired, without changing the thickness of the whole active layer, the number of well layers, and the thickness of the sum total of a well layer.

[0013]So, the purpose of this invention is to provide the semiconductor laser device with which the profit increased and oscillation threshold current was reduced by making the concentration of the hole poured into a multiplex quantum well active layer increase, without changing an optical confinement factor.

[0014]

[Means for Solving the Problem]A semiconductor laser device concerning this invention makes hole concentration of a well layer by the side of n in an active layer increase in a semiconductor laser device with which two or more well layer and two or more barrier layers have an active layer of multiple quantum well structure which it comes to laminate by turns.

[0015]Thickness of a barrier layer in an active layer may be set up so that concentration of a hole poured into an active layer may become high. Preferably, thickness of a barrier layer by the side of p form cladding layer is formed more thinly than thickness by the side of a n type clad layer.

[0016]It may be made to decrease and increase, respectively so that thickness of a barrier layer of a predetermined number by the side of p form cladding layer and thickness of a barrier layer of a predetermined number by the side of a n type clad layer may be complemented mutually. It may apply to a barrier layer nearest to a n type clad layer from a barrier layer nearest to p form cladding layer, and thickness may be made to increase gradually.

[0017]Two or more well layers may consist of InGaAsP(s), two or more barrier layers may also consist of InGaAsP(s), and a band gap of a barrier layer is larger than a band gap of a well layer. Two or more well layers may consist of InP(s) (aluminum_xGa_{1-x}), and two or more barrier layers may consist of InP(s) (aluminum_yGa_{1-y}) ($1>y>x>0$). Two or more well layers may consist of aluminum_xGa_{1-x}As, and two or more barrier layers may consist of aluminum_yGa_{1-y}As ($1>y>x>0$).

[0018]

[Function]In the semiconductor laser device concerning this invention, the hole concentration of the whole active layer is high by making the hole concentration of the well layer by the side of n in an active layer increase.

[0019]Concentration of the hole which passes a barrier layer from the p side and is poured into a well layer can be made high, without changing the thickness of the whole active layer, the number of well layers, and the thickness of a well layer, when the thickness of the barrier layer in an active layer is adjusted. The concentration of the hole poured into the whole active layer

becomes high by that cause, without an optical confinement factor almost changing, and increase in a profit and reduction of threshold current are achieved.

[0020]If thickness of the barrier layer near the p side is made thin compared with the thickness of the barrier layer near the n side, it will become easy to pass a barrier layer with the hole near the p side poured in from the p side, and the probability which reaches to the well layer near the n side will become high. On the other hand, since the electron poured in from the n side has big mobility compared with a hole, even if the thickness of the barrier layer near the n side becomes thick, the concentration of the electron poured into each well layer does not decrease.

[0021]

[Example]Hereafter, the example of this invention is described in detail, referring to drawings.

[0022]Drawing 1 is a sectional view showing the structure of the InGaAsP system semiconductor laser device in the 1st example of this invention.

[0023]In drawing 1, The n-cladding layer 2 which consists of 0.5-micrometer-thick n-InP, S-MQW active layer 3 which has the structure shown in drawing 2, the p-cladding layer 4 which consists of 2-micrometer-thick p-InP, and the p-cap layer 5 which consists of 0.2-micrometer-thick p-InGaAsP are formed on n-InP substrate 1. On the p-cap layer 5, the SiO₂ layer 6 is formed at the both sides of the field of the stripe shape of a center section, and the p electrode 7 is formed in the upper surface. On the other hand, n electrode is formed in the undersurface of n-InP substrate 1.

[0024]The energy band figure of S-MQW active layer 3 is shown in drawing 2. As shown in the figure, the four well layers W1, W2, W3, W4 and the three barrier layers B1, B-2, and B3 are laminated by turns, and S-MQW active layer 3 becomes. The well layers W1-W4 consist of InGaAsP whose band gap E_g is 0.76 eV, and the barrier layers B1-B3 consist of InGaAsP whose band gap E_g is 1.03 eV.

[0025]The well layers W1-W4 have same 35 Å in thickness altogether, and have +1.0% of distortion to a GaAs substrate. On the other hand, as for the thickness of the barrier layer B1, the thickness of 90 Å and the barrier layer B3 of the thickness of 130 Å and barrier layer B-2 is 50Å. The thickness of whole S-MQW active layer 3 is 410 Å, and is the same as that of the conventional example of drawing 6. The 1800-Å-thick light guide layer is provided in the n [of S-MQW active layer 3], and p side, respectively. The light guide layer is not illustrated by drawing 1.

[0026]Drawing 3 is a figure showing the hole concentration of each well layer in S-MQW active layer 3 of drawing 2 as compared with a conventional example.

[0027]The hole concentration of the well layer W1 of the 1st layer in this example serves as $6.2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, and is the same as that of a conventional example. The hole concentration of the well layer W2 of the two-layer eye in this example serves as abbreviation $6.09 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, and only ΔA is increasing it as compared with $6.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ of a conventional example. The hole concentration of well layer W3 of the 3rd layer in this example serves as $5.89 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, and only ΔB is increasing it as compared with $5.8 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ of a conventional example. The hole concentration of the well layer W4 of the 4th layer in this example serves as $5.6 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, and is the same as that of a conventional example.

[0028]Thus, in the 1st example, thickness of B1 of the barrier layer near the p side is made thin, by thickening thickness of the barrier layer B3 near the n side, the well layer W2 of a two-layer eye and the hole concentration of well layer W3 of the 3rd layer increase, and the hole concentration of whole S-MQW active layer 3 is high. As a result, a profit increases and oscillation threshold current falls. Since the thickness of whole S-MQW active layer 3 and the thickness of the sum total of a well layer are the same as the conventional example of drawing 6, an optical confinement factor becomes almost the same as a conventional example.

[0029]Drawing 4 is a sectional view showing the structure of the AlGaInP system semiconductor laser device in the 2nd example of this invention.

[0030]In drawing 4, on n-GaAs substrate 11, The n-cladding layer 13 which consists of n-buffer layer 12 and n-(aluminum_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P which consists of n-Ga_{0.5}In_{0.5}P, and S-MQW active

layer 14 which has the structure shown in drawing 5 are formed. The p-cladding layer 15 which consists of p-(aluminum_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P on both sides of MQB layer 16 which has the structure shown in drawing 5 is formed on S-MQW active layer 14. The upper region of the p-cladding layer 15 serves as a ridge part of stripe shape. The p-contact layer 17 which consists of p-Ga_{0.5}In_{0.5}P is formed on the p-cladding layer 15.

[0031]The n-current block layer 18 which consists of n-GaAs is formed in the both sides of a ridge part, and the p-cap layer 19 which consists of p-GaAs is formed in the upper part. The p electrode 20 which becomes the upper surface of the p-cap layer 19 from Au-Cr is formed, and the n electrode 21 which consists of Au-Sn-Cr is formed in the undersurface of n-GaAs substrate 11.

[0032]The energy band figure of S-MQW active layer 14 and MQB layer 16 is shown in drawing 5. As shown in the figure, it comes to laminate the four barrier layers b1 which consist of the five well layers w1 which S-MQW active layer 14 turns into from GaInP, w2, w3, w4, w5, and (aluminum_{0.5}Ga_{0.5}) InP(s), b2, b3, and b4.

[0033]The well layers w1-w5 have same 75 Å in thickness altogether, and have -0.5% of distortion to a GaAs substrate. On the other hand, as for the thickness of 25 Å and the barrier layer b2, the thickness of 35 Å and the barrier layer b3 of the thickness of 35 Å and the barrier layer b3 is [thickness of the barrier layer b1] 45Å. The thickness of whole S-MQW active layer 14 will be 535 Å, and is the same as that of the conventional example of drawing 7.

[0034]The 500-Å-thick light guide layer is provided in the n [of S-MQW active layer 14], and p side, respectively. The light guide layer is not illustrated by drawing 4. The structure of MQB layer 16 is the same as the structure of MQB layer 32 shown in drawing 7.

[0035]Thus, in the 2nd example, since it applies to the p side from the n side and the thickness of the barrier layer is becoming thin gradually, the hole concentration of the well layer located in a center section increases as compared with the conventional example of drawing 7. As a result, since the hole concentration of whole S-MQW active layer 14 increases, a profit increases and oscillation threshold current falls. Since the thickness of whole S-MQW active layer 14 and the thickness of the sum total of the well layers W1-W5 are the same as the conventional example of drawing 7, an optical confinement factor becomes almost the same as a conventional example.

[0036]Although the thickness of the barrier layers b1-b4 is becoming thin gradually in the 2nd example, the barrier layer b1 and b2 may be thinly formed in the same thickness, and the barrier layer b3 and b4 may be thickly formed in the same thickness. Only the barrier layer b1 may be formed thinly, only the barrier layer b4 may be formed thickly, and the barrier layer b3 and b4 may be formed in the same thickness.

[0037]Also in the AlGaAs system semiconductor laser device which has multiple quantum well structure, since the Al composition in a barrier layer is larger than the Al composition in a well layer, Hall mobility μ_H in a barrier layer becomes smaller than Hall mobility μ_H in a well layer.

Therefore, this invention is applicable not only to an AlGaInP system semiconductor laser device and an InGaAsP system semiconductor laser device but an AlGaAs system semiconductor laser device.

[0038]

[Effect of the Invention]The hole concentration of the well layer by the side of n is made to increase by this invention as mentioned above.

Therefore, or concentration of the hole poured into the well layer in an active layer can be made high, without changing the thickness of the whole active layer, the number of well layers, and the thickness of a well layer by adjusting the thickness of a barrier layer.

Therefore, it becomes possible to make high concentration of the hole poured into the whole active layer, maintaining an optical confinement factor, and increase in a profit and reduction of threshold current are achieved.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1]It is a sectional view showing the structure of the InGaAsP system semiconductor laser device in the 1st example of this invention.

[Drawing 2]It is an energy band figure of S-MQW active layer in the semiconductor laser device of drawing 1.

[Drawing 3]It is a figure showing the hole concentration of each well layer in S-MQW active layer of drawing 2 as compared with a conventional example.

[Drawing 4]It is a sectional view showing the structure of the AlGaInP system semiconductor laser device in the 2nd example of this invention.

[Drawing 5]It is an energy band figure of S-MQW active layer and an MQB layer in the semiconductor laser device of drawing 4.

[Drawing 6]It is an energy band figure of S-MQW active layer in the conventional InGaAsP system semiconductor laser device.

[Drawing 7]It is an energy band figure of S-MQW active layer in the conventional AlGaInP system semiconductor laser device, and an MQB layer.

[Description of Notations]

3 S-MQW active layer

14 S-MQW active layer

16 MQB layer

W1, W2, W3, and W4 Well layer

BI, B-2, and B3 Barrier layer

w1, w2, w3, w4, and w5 Well layer

b1, b2, b3, and b4 Barrier layer

Each identical codes in a figure show a same or considerable portion.

[Translation done.]

* NOTICES *

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CORRECTION OR AMENDMENT

[Kind of official gazette]Printing of amendment by regulation of 2 of Article 17 of Patent Law
[Section classification] The 2nd classification of the part VII gate
[Publication date]November 22 (2001.11.22), Heisei 13

[Publication No.]JP,7-297481,A
[Date of Publication]November 10, Heisei 7 (1995.11.10)
[Annual volume number] Publication of patent applications 7-2975
[Application number]Japanese Patent Application No. 6-89854
[The 7th edition of International Patent Classification]

H01S 5/30
[FI]

H01S 3/18
[Written amendment]
[Filing date]April 11, Heisei 13 (2001.4.11)
[Amendment 1]
[Document to be Amended]Specification
[Item(s) to be Amended]0004
[Method of Amendment]Change
[Proposed Amendment]

[0004]As shown in drawing 6, the four well layers W1, W2, W3, W4 and the three barrier layers B1, B-2, and B3 are laminated by turns, and S-MQW active layer 30 becomes. The band gap E_g consists of InGaAsP which is 0.76 eV, and the well layers W1-W4 have a thickness of 35 Å, respectively. These well layers W1-W4 have +1.0% of distortion to an InP substrate. On the other hand, the band gap E_g consists of InGaAsP which is 1.03 eV, and the barrier layers B1-B3 have a thickness of 90 Å, respectively. Thereby, the thickness of whole S-MQW active layer 30 is 410 Å. The 1800-Å-thick light guide layer is provided in the n [of this MQW active layer 30], and p side, respectively.

[Amendment 2]
[Document to be Amended]Specification
[Item(s) to be Amended]0025
[Method of Amendment]Change
[Proposed Amendment]

[0025]The well layers W1-W4 have same 35 Å in thickness altogether, and have +1.0% of distortion to an InP substrate. On the other hand, as for the thickness of the barrier layer B1, the thickness of 90 Å and the barrier layer B3 of the thickness of 130 Å and barrier layer B-2 is 50Å. The thickness of whole S-MQW active layer 3 is 410 Å, and is the same as that of the conventional example of drawing 6. The 1800-Å-thick light guide layer is provided in the n [of S-MQW active layer 3], and p side, respectively. The light guide layer is not illustrated by drawing 1.

... .. 0000 /07 /04

(51) Int.Cl.⁸

H 0 1 S 3/18

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平6-89854

(22) 出願日 平成6年(1994)4月27日

(71) 出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

(72) 発明者 廣山 良治

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三

洋電機株式会社内

(72) 発明者 庄野 昌幸

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三

洋電機株式会社内

(72) 発明者 本多 正治

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三

洋電機株式会社内

(74) 代理人 弁理士 福島 祥人 (外1名)

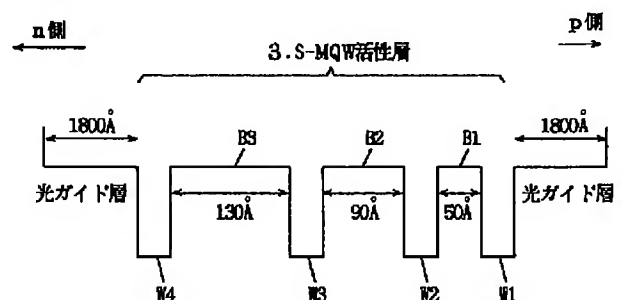
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ装置

(57) 【要約】

【目的】 光閉じ込め係数を変化させることなく多重量子井戸活性層に注入されるキャリアの濃度が増加された半導体レーザ装置を提供することである。

【構成】 S-MQW活性層3においてp側に近い障壁層B1の厚さを薄くし、n側に近い障壁層B3の厚さを厚くする。それにより、S-MQW活性層3の全体の厚さおよび井戸層W1、W2、W3、W4の合計の厚さを変えずにS-MQW活性層3に注入されるホールの濃度を増加させる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の井戸層および複数の障壁層が交互に積層されてなる多重量子井戸構造の活性層を有する半導体レーザ装置において、前記活性層内の n 側の井戸層のホール濃度を増加させたことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 2】 複数の井戸層および複数の障壁層が交互に積層されてなる多重量子井戸構造の活性層を有する半導体レーザ装置において、前記活性層に注入されるホールの濃度が高くなるように前記活性層内の障壁層の厚さを設定したことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 3】 複数の井戸層および複数の障壁層が交互に積層されてなる多重量子井戸構造の活性層を n 形クラッド層および p 形クラッド層の間に配置してなる半導体レーザ装置において、前記 p 形クラッド層側の障壁層の厚さを前記 n 形クラッド層側の障壁層の厚さよりも薄く形成したことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 4】 前記 p 形クラッド層側の所定数の障壁層の厚さおよび n 形クラッド層側の所定数の障壁層の厚さを相互に補完するようにそれぞれ減少および増加させたことを特徴とする請求項 3 記載の半導体レーザ装置。

【請求項 5】 前記 p 形クラッド層に最も近い障壁層から前記 n 形クラッド層に最も近い障壁層にかけて段階的に厚さを増加させたことを特徴とする請求項 3 記載の半導体レーザ装置。

【請求項 6】 前記複数の井戸層は InGaAsP からなり、前記複数の障壁層は InGaAsP からなり、前記障壁層の InGaAsP のバンドギャップは前記井戸層のバンドギャップよりも大きいことを特徴とする請求項 3 記載の半導体レーザ装置。

【請求項 7】 前記複数の井戸層は $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})\text{InP}$ からなり、前記複数の障壁層は $(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})\text{InP}$ からなり、 $1 > y > x > 0$ であることを特徴とする請求項 3 記載の半導体レーザ装置。

【請求項 8】 前記複数の井戸層は $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ からなり、前記複数の障壁層は $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ からなり、 $1 > y > x > 0$ であることを特徴とする請求項 3 記載の半導体レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は多重量子井戸構造の活性層を有する半導体レーザ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 最近、発振しきい値電流の低減、温度特性の改善、発振波長の短波長化等の目的で、多重量子井戸構造（以下、MQW と呼ぶ）の活性層を有する半導体レーザ装置が開発されている。また、さらに発振しきい値電流を低減するために歪多重量子井戸構造（以下、S-MQW と呼ぶ）の活性層を有する半導体レーザ装置が提案されている。

【0003】 図 6 は従来の InGaAsP 系半導体レーザ装置における S-MQW 活性層のエネルギーバンド図である。

【0004】 図 6 に示すように、S-MQW 活性層 30 は、4 つの井戸層 $W1, W2, W3, W4$ および 3 つの障壁層 $B1, B2, B3$ が交互に積層されてなる。井戸層 $W1 \sim W4$ は、バンドギャップ E_g が 0.76 eV の InGaAsP からなり、それぞれ 35 \AA の厚さを有する。これらの井戸層 $W1 \sim W4$ は GaAs 基板に対して $+1.0\%$ の歪を有する。一方、障壁層 $B1 \sim B3$ は、バンドギャップ E_g が 1.03 eV の InGaAsP からなり、それぞれ 90 \AA の厚さを有する。それにより、S-MQW 活性層 30 の全体の厚さは 410 \AA となっている。この MQW 活性層 30 の n 側および p 側にはそれぞれ厚さ 1800 \AA の光ガイド層が設けられている。

【0005】 図 7 は従来の AlGaInP 系半導体レーザ装置における S-MQW 活性層および多重量子障壁層（以下、MQB 層と呼ぶ）のエネルギーバンド図である。

【0006】 図 7 に示すように、S-MQW 活性層 31 は、5 つの井戸層 $w1, w2, w3, w4, w5$ および 4 つの障壁層 $b1, b2, b3, b4$ が交互に積層されてなる。井戸層 $w1 \sim w5$ は GaInP からなり、それぞれ 75 \AA の厚さを有する。これらの井戸層 $w1 \sim w5$ は、 GaAs 基板に対して -0.5% の歪を有する。障壁層 $b1 \sim b4$ は $(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})\text{InP}$ からなり、それぞれ 40 \AA の厚さを有する。それにより、S-MQW 活性層 31 の全体の厚さは 535 \AA となっている。S-MQW 活性層 31 の n 側および p 側にはそれぞれ厚さ 500 \AA の光ガイド層が設けられている。

【0007】 S-MQW 活性層 31 の p 側には、ヘテロ障壁の高さを実効的に高くするために、MQB 層が導入されている。MQB 層 32 は 10 対の $\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなる井戸層および $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなる障壁層が交互に積層されてなる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 図 6 に示すような多重量子井戸構造を有する InGaAsP 系半導体レーザ装置においては、障壁層 $B1, B2, B3$ でのホール移動度 μ_H が井戸層 $W1, W2, W3, W4$ でのホール移動度 μ_n に比べて小さくなる。そのため、ホールが p 側から障壁層を通過して各井戸層に注入される場合、各井戸層に注入されるホールの数は p 側から遠い井戸層ほど少なくなる。それにより、 n 側に近い井戸層のホール濃度が p 側に近い井戸層のホール濃度に比べて少なくなる。

【0009】 また、図 7 に示すような多重量子井戸構造を有する AlGaInP 系半導体レーザ装置においては、S-MQW 活性層 31 の障壁層の Al 組成 x ($x = 0.5$) が井戸層の Al 組成 x ($x = 0$) よりも大きい。そして、 Al 組成 x が大きいほどホール移動度 μ_H

は小さくなる。

【0010】したがって、図7のAlGaInP系の半導体レーザ装置においても、図6のInGaAsP系半導体レーザ装置と同様に、n側に近い井戸層ほどホール濃度が少なくなるという問題が生じる。

【0011】このように、n側に近い井戸層のホール濃度が減少することにより活性層全体のホール濃度が少なくなると、利得の増加およびしきい値電流の低減を図ることができない。

【0012】そこで、各障壁層の厚さを薄くすることも考えられるが、そのような場合、活性層の全体の厚さが薄くなるので、光閉じ込め係数（全光エネルギーのうち発光部に閉じ込められる光エネルギーの割合）が変化してしまう。したがって、活性層の全体の厚さ、井戸層の数、および井戸層の合計の厚さを変えずに活性層内の各井戸層のホール濃度を増加させることが望まれる。

【0013】それゆえに、本発明の目的は、光閉じ込め係数を変化させることなく、多重量子井戸活性層に注入されるホールの濃度を増加させることにより、利得が増加し、かつ発振しきい値電流が低減された半導体レーザ装置を提供することである。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明に係る半導体レーザ装置は、複数の井戸層および複数の障壁層が交互に積層されてなる多重量子井戸構造の活性層を有する半導体レーザ装置において、活性層内のn側の井戸層のホール濃度を増加させたものである。

【0015】活性層に注入されるホールの濃度が高くなるように活性層内の障壁層の厚さを設定してもよい。好ましくは、p形クラッド層側の障壁層の厚さをn形クラッド層側の厚さよりも薄く形成する。

【0016】p形クラッド層側の所定数の障壁層の厚さおよびn形クラッド層側の所定数の障壁層の厚さを相互に補完するようにそれぞれ減少および増加させてもよい。p形クラッド層に最も近い障壁層からn形クラッド層に最も近い障壁層にかけて段階的に厚さを増加させてもよい。

【0017】複数の井戸層がInGaAsPからなり、複数の障壁層もInGaAsPからなってもよく、障壁層のバンドギャップは井戸層のバンドギャップよりも大きい。複数の井戸層が $(Al_xGa_{1-x})InP$ からなり、複数の障壁層が $(Al_yGa_{1-y})InP$ ($1 > y > x > 0$) からなってもよい。複数の井戸層が $Al_xGa_{1-x}As$ からなり、複数の障壁層が $Al_yGa_{1-y}As$ ($1 > y > x > 0$) からなってもよい。

【0018】

【作用】本発明に係る半導体レーザ装置においては、活性層内のn側の井戸層のホール濃度を増加させることにより、活性層全体のホール濃度が高くなっている。

【0019】活性層内の障壁層の厚さを調整した場合、活性層全体の厚さ、井戸層の数および井戸層の厚さを変えることなく、p側から障壁層を通過して井戸層に注入されるホールの濃度を高くすることができる。それにより、光閉じ込め係数がほとんど変化することなく活性層全体に注入されるホールの濃度が高くなり、利得の増加およびしきい値電流の低減が図られる。

【0020】p側に近い障壁層の厚さをn側に近い障壁層の厚さに比べて薄くすると、p側から注入されたホールがp側に近い障壁層を通過しやすくなり、n側に近い井戸層まで到達する確率が高くなる。一方、n側から注入される電子はホールに比べて大きな移動度を有するので、n側に近い障壁層の厚さが厚くなっても、各井戸層に注入される電子の濃度は減少しない。

【0021】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面を参照しながら詳細に説明する。

【0022】図1は本発明の第1の実施例におけるInGaAsP系半導体レーザ装置の構造を示す断面図である。

【0023】図1において、n-InP基板1上に厚さ $0.5\mu m$ のn-InPからなるn-クラッド層2、図2に示す構造を有するS-MQW活性層3、厚さ $2\mu m$ のp-InPからなるp-クラッド層4、厚さ $0.2\mu m$ のp-InGaAsPからなるp-キャップ層5が形成されている。p-キャップ層5上には、中央部のストライプ状の領域の両側に SiO_2 層6が形成され、上面にp電極7が形成されている。一方、n-InP基板1の下面にはn電極が形成されている。

【0024】図2にS-MQW活性層3のエネルギーバンド図を示す。同図に示すように、S-MQW活性層3は、4つの井戸層W1、W2、W3、W4および3つの障壁層B1、B2、B3が交互に積層されてなる。井戸層W1~W4はバンドギャップ E_g が $0.76 eV$ のInGaAsPからなり、障壁層B1~B3はバンドギャップ E_g が $1.03 eV$ のInGaAsPからなる。

【0025】井戸層W1~W4はすべて同じ厚さ 35\AA を有し、GaAs基板に対して $+1.0\%$ の歪を有する。これに対して、障壁層B1の厚さは 130\AA 、障壁層B2の厚さは 90\AA 、障壁層B3の厚さは 50\AA である。S-MQW活性層3の全体の厚さは 410\AA となっており、図6の従来例と同様である。S-MQW活性層3のn側およびp側にはそれぞれ厚さ 1800\AA の光ガイド層が設けられている。なお、図1には光ガイド層は図示されていない。

【0026】図3は図2のS-MQW活性層3における各井戸層のホール濃度を従来例と比較して示す図である。

【0027】この実施例における1層目の井戸層W1のホール濃度は $6.2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ となっており、従来

例と同様である。この実施例における2層目の井戸層W2のホール濃度は約 $6.09 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ となっており、従来例の $6.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ と比較して ΔA だけ増加している。また、この実施例における3層目の井戸層W3のホール濃度は $5.89 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ となっており、従来例の $5.8 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ と比較して ΔB だけ増加している。この実施例における4層目の井戸層W4のホール濃度は $5.6 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ となっており、従来例と同様である。

【0028】このように、第1の実施例では、p側に近い障壁層のB1の厚さを薄くし、n側に近い障壁層B3の厚さを厚くすることにより2層目の井戸層W2および3層目の井戸層W3のホール濃度が増加し、S-MQW活性層3の全体のホール濃度が高くなっている。その結果、利得が増加し、発振しきい値電流が低下する。なお、S-MQW活性層3の全体の厚さおよび井戸層の合計の厚さは図6の従来例と同じであるので、光閉じ込め係数は従来例とほぼ同じになる。

【0029】図4は、本発明の第2の実施例におけるAlGaInP系半導体レーザ装置の構造を示す断面図である。

【0030】図4において、n-GaAs基板11上に、n-Ga_{0.5}In_{0.5}Pからなるn-バッファ層12、n-(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}Pからなるn-クラッド層13、および図5に示す構造を有するS-MQW活性層14が形成されている。さらに、S-MQW活性層14上に、図5に示す構造を有するMQB層16を挟んでp-(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}Pからなるp-クラッド層15が形成されている。p-クラッド層15の上部領域はストライプ状のリッジ部となっている。p-クラッド層15上にp-Ga_{0.5}In_{0.5}Pからなるp-コンタクト層17が形成されている。

【0031】リッジ部の両側にはn-GaAsからなるn-電流ブロック層18が形成され、その上部にp-GaAsからなるp-キャップ層19が形成されている。p-キャップ層19の上面にはAu-Crからなるp電極20が形成され、n-GaAs基板11の下面にはAu-Sn-Crからなるn電極21が形成されている。

【0032】図5に、S-MQW活性層14およびMQB層16のエネルギーバンド図を示す。同図に示すように、S-MQW活性層14は、GaInPからなる5つの井戸層w1, w2, w3, w4, w5および(AI_{0.5}Ga_{0.5})InPからなる4つの障壁層b1, b2, b3, b4が積層されてなる。

【0033】井戸層w1~w5はすべて同じ厚さ75Åを有し、GaAs基板に対して-0.5%の歪を有する。これに対して、障壁層b1の厚さは25Å、障壁層b2の厚さは35Å、障壁層b3の厚さは35Å、障壁層b4の厚さは45Åである。S-MQW活性層14の

全体の厚さは535Åとなり、図7の従来例と同様である。

【0034】S-MQW活性層14のn側およびp側にはそれぞれ厚さ500Åの光ガイド層が設けられている。なお、図4には光ガイド層は図示されていない。MQB層16の構造は、図7に示したMQB層32の構造と同様である。

【0035】このように、第2の実施例においては、n側からp側にかけて障壁層の厚さが徐々に薄くなっているため、中央部に位置する井戸層のホール濃度が図7の従来例と比較して増加する。その結果、S-MQW活性層14の全体のホール濃度が増加するので、利得が増加し、かつ発振しきい値電流が低下する。S-MQW活性層14の全体の厚さおよび井戸層W1~W5の合計の厚さは図7の従来例と同じであるので、光閉じ込め係数は従来例とほぼ同じになる。

【0036】第2の実施例では、障壁層b1~b4の厚さが徐々に薄くなっているが、障壁層b1, b2を同じ厚さに薄く形成し、障壁層b3, b4を同じ厚さに厚く形成してもよい。また、障壁層b1のみを薄く形成し、障壁層b4のみを厚く形成し、障壁層b3, b4を同じ厚さに形成してもよい。

【0037】なお、多重量子井戸構造を有するAlGaAs系半導体レーザ装置においても、障壁層におけるAl組成が井戸層におけるAl組成よりも大きくなっているため、障壁層におけるホール移動度 μ_H が井戸層におけるホール移動度 μ_n よりも小さくなる。したがって、本発明は、AlGaInP系半導体レーザ装置およびInGaAsP系半導体レーザ装置のみならずAlGaAs系半導体レーザ装置にも適用することができる。

【0038】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、n側の井戸層のホール濃度を増加させることにより、または障壁層の厚さを調整することにより、活性層全体の厚さ、井戸層の数および井戸層の厚さを変えることなく、活性層内の井戸層に注入されるホールの濃度を高くすることができる。したがって、光閉じ込め係数を維持しつつ活性層全体に注入されるホールの濃度を高くすることが可能となり、利得の増加およびしきい値電流の低減が図られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例におけるInGaAsP系半導体レーザ装置の構造を示す断面図である。

【図2】図1の半導体レーザ装置におけるS-MQW活性層のエネルギーバンド図である。

【図3】図2のS-MQW活性層における各井戸層のホール濃度を従来例と比較して示す図である。

【図4】本発明の第2の実施例におけるAlGaInP系半導体レーザ装置の構造を示す断面図である。

【図5】図4の半導体レーザ装置におけるS-MQW活

性層およびMQB層のエネルギーバンド図である。

【図6】従来のInGaAsP系半導体レーザ装置におけるS-MQW活性層のエネルギーバンド図である。

【図7】従来のAlGaInP系半導体レーザ装置におけるS-MQW活性層およびMQB層のエネルギーバンド図である。

【符号の説明】

3 S-MQW活性層

*

* 14 S-MQW活性層

16 MQB層

W1, W2, W3, W4 井戸層

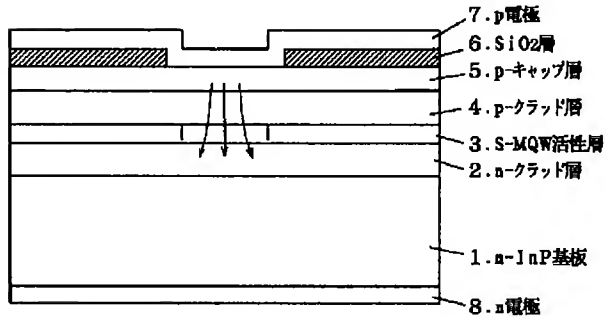
B1, B2, B3 障壁層

w1, w2, w3, w4, w5 井戸層

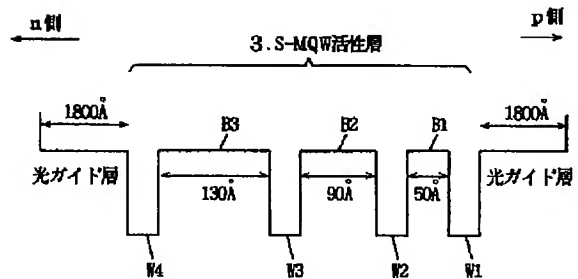
b1, b2, b3, b4 障壁層

なお、各図中同一符号は同一または相当部分を示す。

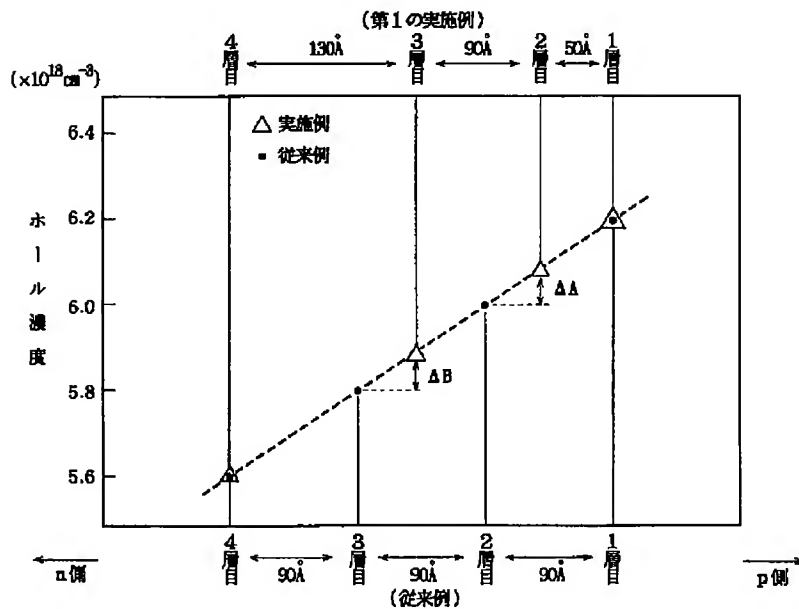
【図1】



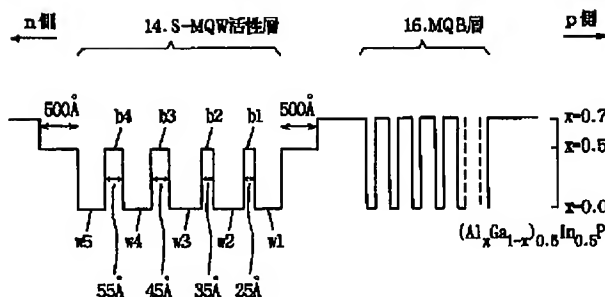
【図2】



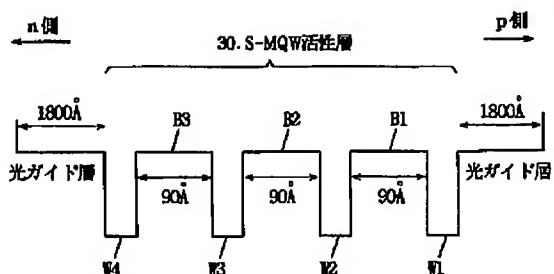
【図3】



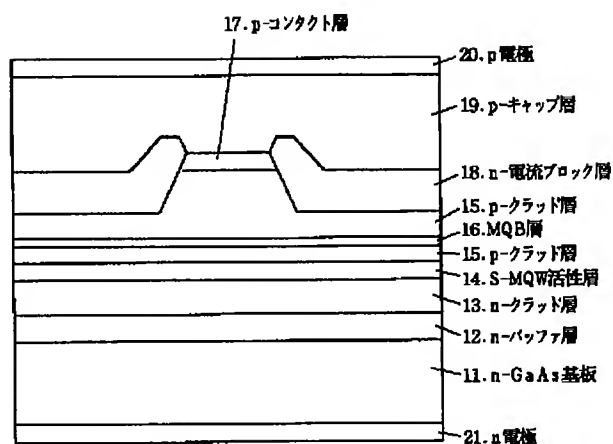
【図5】



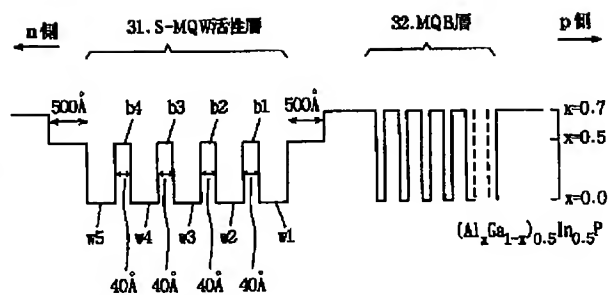
【図6】



【図4】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 池上 隆俊
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
洋電機株式会社内
(72)発明者 後藤 壮謙
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
洋電機株式会社内

(72)発明者 茨木 晃
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
洋電機株式会社内
(72)発明者 吉年 慶一
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
洋電機株式会社内
(72)発明者 山口 隆夫
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
洋電機株式会社内

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
 【部門区分】第7部門第2区分
 【発行日】平成13年11月22日(2001. 11. 22)

【公開番号】特開平 7-297481
 【公開日】平成7年11月10日(1995. 11. 10)
 【年通号数】公開特許公報 7-2975
 【出願番号】特願平 6-89854
 【国際特許分類第7版】
 H01S 5/30
 【FI】
 H01S 3/18

【手続補正書】

【提出日】平成13年4月11日(2001. 4. 11)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書
 【補正対象項目名】0004
 【補正方法】変更
 【補正内容】

【0004】図6に示すように、S-MQW活性層30は、4つの井戸層W1, W2, W3, W4および3つの障壁層B1, B2, B3が交互に積層されてなる。井戸層W1~W4は、バンドギャップ E_g が0.76 eVのInGaAsPからなり、それぞれ35 Åの厚さを有する。これらの井戸層W1~W4はInP基板に対して+1.0%の歪を有する。一方、障壁層B1~B3は、バンドギャップ E_g が1.03 eVのInGaAsPからなり、それぞれ90 Åの厚さを有する。それにより、S-MQW活性層30の全体の厚さは410 Åとなってい

る。このMQW活性層30のn側およびp側にはそれぞれ厚さ1800 Åの光ガイド層が設けられている。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書
 【補正対象項目名】0025
 【補正方法】変更
 【補正内容】

【0025】井戸層W1~W4はすべて同じ厚さ35 Åを有し、InP基板に対して+1.0%の歪を有する。これに対して、障壁層B1の厚さは130 Å、障壁層B2の厚さは90 Å、障壁層B3の厚さは50 Åである。S-MQW活性層3の全体の厚さは410 Åとなっており、図6の従来例と同様である。S-MQW活性層3のn側およびp側にはそれぞれ厚さ1800 Åの光ガイド層が設けられている。なお、図1には光ガイド層は図示されていない。

